

- 1 -

Durch Kaltwalzen geformte Befestigungsschraube mit selbstfurchendem Gewinde

- Die Erfindung bezieht sich auf eine durch Kaltwalzen geformte
5 Befestigungsschraube aus niedrig legiertem Kohlenstoffstahl mit großem Umformgrad gemäß einem Verhältnis Außendurchmesser/Kerndurchmesser $>1,2$ und einem Verhältnis von Steigung/Außendurchmesser $>0,23$ mit selbstfurchendem Gewinde für das Einschrauben insbesondere in Kunststoffe.
- 10 Eine derartige Befestigungsschraube ist beispielsweise in der europäischen Patentschrift 948719 dargestellt und beschrieben. Beim Kaltwalzen dieser Schraube ergibt sich ein großer Umformgrad, gemäß dem im Anspruch 1 dieser Patentschrift angegebenen Verhältnis von Außendurchmesser/Kerndurchmesser 1,2 bis 1,4 und das Verhältnis von Steigung/Außendurchmesser 0,23 bis 0,41 ist.
- 15 Gemäß Anspruch 2 der zitierten europäischen Patentschrift beträgt das Verhältnis von Außendurchmesser/Kerndurchmesser 1,25 bis 1,65 und das Verhältnis von Steigung/Außendurchmesser 0,24 bis 0,53. Das Material dieser Schraube und deren Herstellungsverfahren, nämlich das Kaltwalzen und das Vergüten, ist in der europäischen Patentschrift kurz angesprochen (siehe Spalte 4, Zeilen 39 bis 49).
- 20 Weiterhin ist in der deutschen Patentschrift 27 54 870 eine durch Kaltwalzen geformte Befestigungsschraube offenbart, bei der ebenfalls ein großer Umformungsgrad vorliegt, und zwar aufgrund des Verhältnisses Außendurchmesser/Kerndurchmesser von 1,85 und des Verhältnisses von
- 25 Steigung/Außen-durchmesser von 0,45. Über das Herstellungsverfahren der Schraube ist in der Schrift das Kaltwalzen und als Ausgangsmaterial Kohlenstoffstahl mit einem Kohlenstoffgehalt bis 0,35 Gewichtsprozent erwähnt.

- Eine grundlegende Erläuterung des Herstellungsverfahrens der vorstehend
30 beschriebenen durch Kaltwalzen geformten Befestigungsschraube ist in der

- 2 -

- Schriftenreihe "EJOT FORUM 2, technische Aufsätze vom September 1990" enthalten. In dieser Veröffentlichung wird auf Seite 2, mittlere Spalte, auf eine für die Herstellung derartiger Schrauben verwendete Vergütungsanlage Bezug genommen, mit der Schrauben auf die Werkstoffqualität 10.9 vergütet werden.
- 5 Unter Vergütung wird in diesem Zusammenhang die Wärmebehandlung von Kohlenstoffstahl verstanden, wozu in einer Tabelle (siehe Seite 7) ausgeführt wird, dass der Kohlenstoffstahl gegebenenfalls mit Zusätzen abgeschreckt (nach Erwärmen) und angelassen wird. Darüber hinaus hat man gemäß Seite 4, mittlere Spalte zur Erhöhung der Festigkeit Stahlschrauben einsatzvergütet, d.h. die
- 10 Schrauben nach der Kaltverformung (Kaltwalzen) einem Karbonnitrieren zur Erhöhung des Kohlenstoffgehalts an der Oberfläche der Schraube (bekanntes Einsatzverfahren) und danach der Direktabschreckung und einem Anlassvorgang ausgesetzt. Auf Seite 5, mittlere Spalte, wird ergänzend unter Hinweis auf Bild 4 erläutert, dass die einsatzvergüteten Schrauben eine höhere Bruchgefahr
- 15 aufweisen als die nur auf 10.9-Qualität vergüteten Schrauben. In jedem Falle wird also dargelegt, dass die Vergütung der Schrauben, d.h. deren Erwärmung, Abschreckung und Anlassen das wesentliche Merkmal des Herstellungsprozesses derartiger Schrauben war und ist.
- 20 Diese Lehre der Herstellung der hier behandelten Schrauben, nämlich die Anwendung des aus Erhitzung, Abschreckung und Anlassen bestehenden Vergütungsverfahrens, wird weiterhin in dem Artikel "Verbindungs-Trüffelschweine", veröffentlicht in KEM 1994 April, Seite 92, bestätigt. In diesem Artikel wird auf Seite 92 erklärt: "Auch gewindefurchende Schrauben für
- 25 Kunststoffverbindungen werden aus Stahl einsatzvergütet oder bestehen aus rostfreiem Stahl". Abgesehen von rostfreiem Stahl, der ein hochlegierter Stahl ist und als solcher nicht mit einem niedrig legierten Kohlenstoffstahl verglichen werden kann und infolgedessen auch nicht vergütet wird, läuft die Literaturstelle wie der vorstehend behandelte Aufsatz darauf hinaus, gewindefurchende
- 30 Schrauben für Kunststoffverbindungen aus Stahl herzustellen und anschließend zu vergüten, also dem Prozess mindestens der Erwärmung mit nachfolgender

- 3 -

Abschreckung und des Anlassens auszusetzen, um damit den Anforderungen der Praxis zu genügen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die eingangs behandelten Schrauben hinsichtlich ihrer Festigkeit zu verbessern und ihren Herstellungsprozess zu vereinfachen. Erfindungsgemäß geschieht dies durch ein Schraubenmaterial einer Schraube aus Stahl von ferritischem Gefüge und weiteren Bestandteilen mit gegenüber dem im Ferrit enthaltenen Kohlenstoff wesentlich höheren Kohlenstoffgehalt, wobei dieses Mischgefüge einen Kohlenstoffgehalt von max. 0,42 Gewichtsprozenten und eine maximale Korngröße entsprechend mindestens 2000 Körner/mm², vorzugsweise mindestens 3000 Körner/mm², mit durch das Kaltwalzen eingeprägten, aufrechterhaltenen Eigenspannungen aufweist.

Die Erfindung beruht vor allem auf der überraschenden Erkenntnis, dass die beim Kaltwalzen im Schraubenmaterial eingeprägten Eigenspannungen, die axial in der Schraube verlaufen, eine axiale Druckeigenspannung (Kontraktionsspannung) bilden, die bei der Belastung der in ein Kunststoffmaterial eingedrehten Schraube ausgenutzt wird, um bei dynamischer Beanspruchung der Schraubverbindung (schwingende Beanspruchung) die Dauerfestigkeit der Verbindung zu erhöhen, da die aufrecht erhaltene Druckeigenspannung zu den im Betrieb auftretenden äußeren Zugspannungen entgegengesetzt verläuft. Dieser Effekt der Erhaltung der eingeprägten Eigenspannungen bzw. Druckeigenspannungen, der sich als entscheidend für die besondere Widerstandsfähigkeit der erfindungsgemäßen Schraube herausgestellt hat, ergibt sich durch bewusste Vermeidung einer nachträglichen Vergütung, d.h. Erwärmung, Abschrecken und Anlassen der kaltgewalzten Schraube, die, was bisher völlig übersehen worden ist, die vorstehend als besonders nützlich sich zeigende Eigenspannung beseitigen würde. Mit der unmittelbaren Beendigung des Herstellungsprozesses der erfindungsgemäßen Schrauben nach dem Kaltwalzen ohne weitere Warmbehandlung im Sinne der Vergütung ergibt sich damit eine wesentliche

Vereinfachung des Herstellungsprozesses, der darüber hinaus, wie gesagt, zu einer besonderen Festigkeit der Schraube führt.

Als weitere Bestandteile der erfindungsgemäßen Befestigungsschraube kann man
5 zweckmäßig wahlweise einzeln oder in Kombination Anteile von kugelig
eingeformtem Zementit, lamellarem Perlit, Bainit oder Martensit verwenden. Das
Verhältnis des Kohlenstoffgehalts im ferritischen Gefüge und in den weiteren
Bestandteilen kann man vorteilhaft mit etwa 1:10 wählen. Beim Kaltwalzen
werden die Körner des Mischgefüges durch Kaltverformung gestreckt, wobei sich
10 in ihnen eine Kontraktionsspannung aufbaut, die, wenn sie nicht durch
nachträgliches Vergüten aufgehoben wird, sich besonders sinnvoll als
Widerstandskraft gegen äußere Krafteinwirkung auf die Schraube im Verbund
ausnutzen lässt. Dabei spielt die Korngröße der Körner insofern eine wichtige
Rolle, als der Effekt der Widerstandsbildung aufgrund der Kaltverformung dann
15 besonders groß ist, wenn die maximale Korngröße unter einem Wert liegt, der
sich bei mindestens 2000 Körnern/mm², vorzugsweise mindestens 3000
Körnern/mm², ergibt (DIN EN ISO 643, für USA ASTM E 112).

Vorteilhaft kann man das Schraubenmaterial durch Beimengungen hinsichtlich
20 seiner Festigkeitseigenschaften weiterhin verbessern. Hierfür bestehen folgende
Möglichkeiten, Beimengungen einzeln oder in beliebiger Kombination dem
Schraubenmaterial beizufügen. Es handelt sich dabei um Mangan in 0,6 bis 2,0
Gewichtsprozenten, Silizium in maximal 1,2 Gewichtsprozenten, Chrom in
maximal 2 Gewichtsprozenten, Molybdän in maximal 1 Gewichtsprozent,
25 Vanadium in maximal 0,5 Gewichtsprozenten, Bor in maximal 0,008
Gewichtsprozenten, Niob in maximal 0,15 Gewichtsprozenten und Titan in
maximal 0,3 Gewichtsprozenten.

Patentansprüche

1. Durch Kaltwalzen geformte Befestigungsschraube aus niedrig legiertem Kohlenstoffstahl mit großem Umformgrad gemäß einem Verhältnis Außendurchmesser/Kerndurchmesser $>1,2$ und einem Verhältnis von Steigung/Außendurchmesser $>0,23$ mit selbstfurchendem Gewinde für das Einschrauben insbesondere in Kunststoffe, gekennzeichnet durch ein Schraubenmaterial einer Schraube aus Stahl von ferritischem Gefüge und weiteren Bestandteilen mit gegenüber dem im Ferrit enthaltenen Kohlenstoff wesentlich höheren Kohlenstoffgehalt, wobei dieses Mischgefüge einen Kohlenstoffgehalt von max. 0,42 Gewichtsprozenten und eine maximale Korngröße entsprechend mindestens 2000 Körner/ mm^2 , vorzugsweise mindestens 3000 Körner/ mm^2 , mit durch das Kaltwalzen eingepprägten, aufrechterhaltenen Eigenspannungen aufweist.
2. Befestigungsschraube nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die weiteren Bestandteile wahlweise einzeln oder in Kombination Anteile von kugelig eingeformtem Zementit, lamellarem Perlit, Bainit oder Martensit sind.
3. Befestigungsschraube nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass dem Schraubenmaterial Mangan in 0,60-2,0 Gewichtsprozenten beigelegt ist.
4. Befestigungsschraube nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass dem Schraubenmaterial Silizium in maximal 1,2 Gewichtsprozenten beigelegt ist.

- 6 -

5. Befestigungsschraube nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass dem Schraubenmaterial Chrom in maximal 2 Gewichtsprozenten beigefügt ist.
- 5 6. Befestigungsschraube nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass dem Schraubenmaterial Molybdän in maximal 1 Gewichtsprozent beigefügt ist.
7. Befestigungsschraube nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch
10 gekennzeichnet, dass dem Schraubenmaterial Vanadium in maximal 0,5 Gewichtsprozenten beigefügt ist.
8. Befestigungsschraube nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch
15 gekennzeichnet, dass dem Schraubenmaterial Bor in maximal 0,008 Gewichtsprozenten beigefügt ist.
9. Befestigungsschraube nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass dem Schraubenmaterial Niob in maximal 0,15 Gewichtsprozenten beigefügt ist.
- 20 10. Befestigungsschraube nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass dem Schraubenmaterial Titan in maximal 0,3 Gewichtsprozenten beigefügt ist.